

ライシメータを用いたダイズ栽培実験の蒸発散と根の吸水について

土壌圏循環学教育研究分野 518M222 鈴木萌香

I はじめに

農地における根の吸水による蒸散と地表面蒸発は、植物の生長段階や土の乾燥の進行によって変化する。土が乾燥すると根による吸水は制限されるが、植物には、吸水の低下を湿潤な部位で補う補填吸水やストレス耐性が増加する機能がある。しかし、蒸発と蒸散、根の吸水特性の独立した測定は難しい。根の吸水を考慮した土中水分移動は、(1)式のリチャーズ式の吸い込み項 S に(2)式の Feddes モデルを用いてモデル化される。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] - S(z) \quad (1)$$

$$S_a = \alpha(h)\beta(z)T_p(t) \quad (2)$$

ここで、 θ は体積含水率、 h は土中水圧力、 $K(h)$ は不飽和透水係数、 S_a は実吸水速度、 α は水ストレス応答関数、 β は吸水強度分布、 T_p は可能蒸散速度、 t は時間、 z は位置(上向き正)である。本研究では、蒸発散と根の吸水の検討を目的に、ダイズ圃場に設置したライシメータによる栽培実験を行った。測定した蒸発散速度 ET_a と土中水圧力 h に対して HYDRUS1-D を用いた土中水分移動モデルの解析を行い、蒸発と蒸散の分離、乾燥過程における根の吸水特性の変化、また、補填吸水モデルの特性について検討した。

II ダイズ栽培実験

三重大学附属農場のダイズ栽培圃場にライシメータを設置し、2018/6/14 から測定を行った。直径 30 cm、高さ 30 cm のライシメータに不攪乱土を採取し、フクユタカを直播後(6/12 播種)、重量変化から実蒸発散量 ET_a を求めた。この時、5、15、25 cm 深に設置した MPS-2 で土中水圧力 h を測定した。また、気象データに基づくペンマン式と湿潤時の ET_a から見かけ

の作物係数を決定し、日可能蒸発散量を求めた。そして、1 時間当たりの蒸発散量が 1 時間当たりの日射量に比例すると仮定し、可能蒸発散速度 ET_p の日変化を求めた(図 1 点線)。

III 土中水分移動モデルによる解析

2018/7/10~7/23(草高:40 cm、LAI:1.2、圃場の被覆率:30%)の無降雨期間における乾燥過程を対象とした。先行研究のポット実験の水ストレス応答関数 α を仮定し、吸水強度分布 β は推定される根の到達深さより 0~20 cm 深で均一、20~30 cm で直線的に減少するとした。実蒸発散速度 ET_a が可能蒸発散速度 ET_p から低下する乾燥初期は、蒸発の低下が蒸散の低下に比べて卓越することに注目し、 ET_a を再現する可能蒸発速度 E_p と可能蒸散速度 T_p の割合を求めた(図 2 黒実線)。 ET_p に占める T_p の割合は 40%で、圃場の被覆率 30%よりやや大きな値であった。しかし、乾燥の進行した段階では、 ET_a の計算値は実測値を過小評価した。この期間の蒸発速度 E_a はほぼゼロ近くまで低下しているため、 ET_a の過小評価は蒸散速度 T_a の過小評価が原因である。そのため、この過小評価は、 α による吸水低下を補う吸水が生じていたことを示す。そこで、吸水が低下する期間に対して、HYDRUS に含まれる補填吸水モデルと α のストレス耐性の増加を検討した。

1. 補填吸水モデル

図 2 は、補填吸水モデルを適用したときの E_a と T_a の積み上げ図である。両者の和である ET_a の計算値は、実測値をよく再現した。図 3 は、7/17 と 7/20 の吸水速度 S_a 分布である。破線の補填吸水モデルは、全層の吸水速度を一様に増加させた。7/17 までの期間、実線の補填なしの条件に比べて湿潤な下層部からの吸水も増加させ、補填吸水は生じている。図 4 は、25 cm 深の土中水圧力について、補填吸水モデル

(破線)と補填なし(実線)の計算値と実測値(プロット)である。補填吸水モデルは補填なしの条件と比べて下層の土中水圧力 h は低下したが、乾燥初期段階の7/14~19の実測値の大きな低下は再現できなかった。これは、現実には補填吸水モデル以上の下層における補填吸水が生じていたことを示す。

2. ストレス耐性の増加

一方、水ストレス応答関数 α における吸水低下の生じる土中水圧力 h_3 を低下させてストレス耐性を増加させた計算を行ったところ、図2の補填吸水モデルと同様に ET_a の実測値をよく再現した。図3には、 $h_3 = -9,000 \text{ cm}$ のときの7/17と7/20の吸水速度 S_a 分布を点線で併記した。7/17までの期間、ストレスが生じている0~20 cm深のみで S_a が増加し、20 cm以深における S_a は変化しない。乾燥初期におけるストレス耐性の増加は、湿潤な下層部からの補填吸水は生じないため、現実的でないと考えられる。さらに乾燥が進んだ7/20は、20 cm以深におい

ても S_a の増加が生じた。下層まで乾燥の進行した7/20の S_a は下層で大きく増加し、補填吸水モデルの分布と似た形を示した。図4の25 cm深の土中水圧力 h の低下は、乾燥初期は補填なしの条件と一致し、その後、 h の低下はやや大きくなった。

3. 乾燥による根の吸水の変化

以上より、ダイズは乾燥ストレスを受けると、上層のみが乾燥する乾燥初期は、下層の湿潤な領域からの補填吸水が優先して生じ、土層全体が乾燥した段階は、ストレス耐性を増加させて土層全体の吸水速度 S_a が増加することが明らかになった。補填吸水モデルは、乾燥初期の補填吸水を過小評価するが、乾燥期間を通して補填吸水とストレス耐性の増加をおおよそ再現できる。今後、より正確に補填吸水を再現できる吸水モデルの検討は必要であるが、少なくとも圃場の土中水分移動予測には、単純な補填吸水モデルは有用であると考えられる。

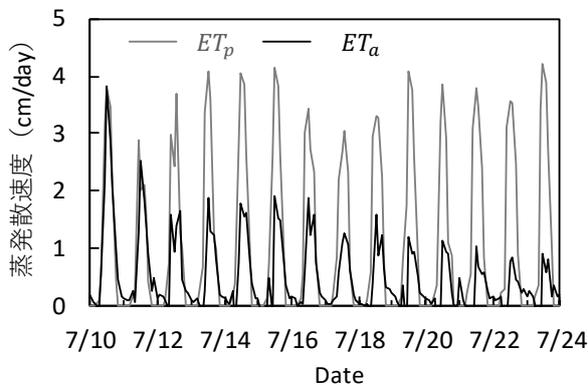


図1. 可能蒸発散速度 ET_p と実蒸発散速度 ET_a の日変化

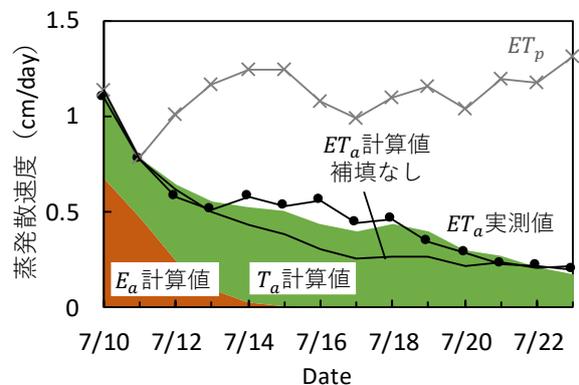


図2. 3種類の吸水条件における蒸発散速度 ET_a (積み上げ図は補填吸水モデル)

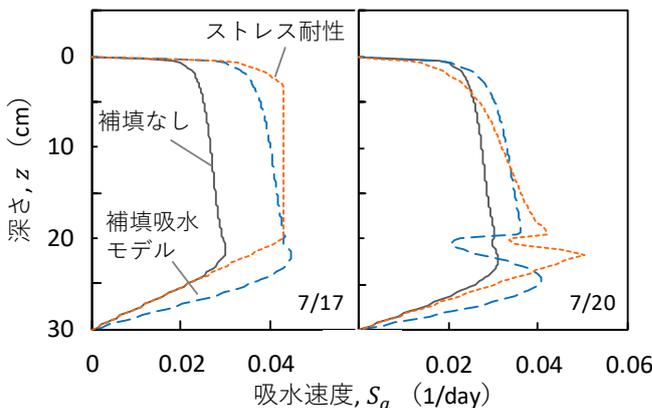


図3. 3種類の吸水条件における吸水速度 S_a 分布

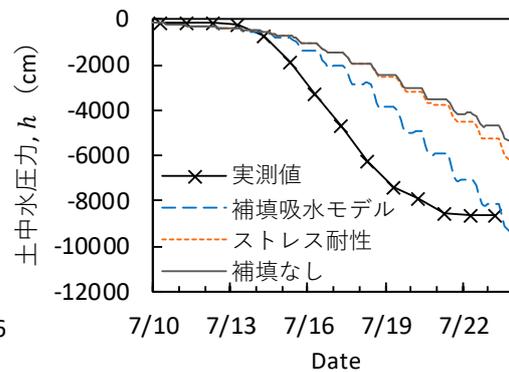


図4. 25cm深土中水圧力 h の実測値と計算値